

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Setiawan, 2017, berhasil melakukan penelitian yang membahas tentang pengaruh variasi tool path pada pembuatan mobil kayu hasil pemesinan *CNC milling Router* tiga sumbu pada material kayu, terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan dalam satuan (*Ra*) dan pengaruh variasi *toolpath* terhadap waktu proses pemesinan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diketahui nilai kekasaran rata-rata (*Ra*) terbaik dari variasi *toolpath* (alur pahat), didapatkan pada spesimen ke tiga dengan menggunakan alur pahat *offset classic* dengan nilai kekasaran rata-rata 4,134 μm , dan untuk kekasaran rata-rata (*Ra*) total terbaik dari variasi *toolpath* (alur pahat), didapatkan nilai kekasaran rata-rata terbaik pada *toolpath* (alur pahat) *offset classic* dengan nilai kekasaran rata-rata sebesar 4,556 μm .

Juniantoro, 2016, berhasil melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kecepatan pemakanan pada dua alur berbeda akibat variasi kecepatan pemakanan saat pembuatan suatu benda kerja berbahan *acrylic*. Variasi kecepatan pemakanan yang dilakukan adalah alur *zig-zag* dan *spiral*. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diketahui pada alur pemakanan *spiral* didapatkan hasil pada *feeding* 200 mm/min mendapatkan *cutting speed* 23,236 m/min, pada *feeding* 250 mm/min mendapatkan *cutting speed* 29,127 m/min dan pada *feeding* 300 mm/min mendapatkan *cutting speed* 35,958 m/min. Pada percobaan permesinan mesin *CNC milling* rakitan, pada hasil pengujian dengan benda kerja dengan ukuran yang sama mendapatkan hasil pada alur pemakanan *zig zag* didapatkan hasil pada *feeding* 200 mm/min didapatkan *cutting speed* 21,988 m/min, pada *feeding* 250 mm/min didapatkan *cutting speed* 28,234 m/min. Pada *feeding* 300 mm/min didapatkan *cutting speed* 34,825m/min. Kesimpulan dari penelitian di atas bahwa semakin besar *feeding*, maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan suatu benda kerja.

Ginting dkk., 2017, berhasil melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perancangan dan realisasi mesin *CNC* tiga sumbu kompleks berdasarkan mikrokontroler yang dikombinasikan dengan bor *spindle*. Adapun penelitian yg dibahas adalah tentang pengujian hasil produk dari mesin *CNC* tiga

sumbu yang telah mereka rancang. Dari penelitian yang dilakukan, diketahui mesin *CNC Router* berhasil dibangun menggunakan *mikrokontroler* ATmega328p dan IC4988 yang dikombinasikan dengan tiga *motor stepper Nema 17*, dengan luas penampang 20 x 20 cm dan menggunakan tipe bor 500 Watt *spindle air cooled*. Mesin *CNC* ini dapat digunakan untuk memotong, mengukir dan memberi tanda pada kayu. untuk membentuk benda 2D atau 3D dengan akurasi ukiran 98,5% dan akurasi kedalaman 100%. Proses sinkronisasi tiga *motor stepper* dikontrol menggunakan *library GRBL* dan *universal gcode sender software*.

Dari beberapa contoh *literature review* di atas, banyak penelitian yang membahas tentang mesin *CNC Router*. Untuk menindaklanjuti penelitian sebelumnya seperti yang dikemukakan diatas, maka dilakukan penelitian dari aplikasi hasil mesin *CNC Router* tiga sumbu pada ukiran kayu khas Palembang dengan dimulai melakukan uji keakurasian. Mesin *CNC Router* tiga sumbu ini diharapkan dapat membantu pengrajin ukiran kayu khas Palembang dalam proses produksi suatu produk dari kepresisian hasil produk dan proses produksi yang lebih cepat dan diharapkan mesin *CNC Router* tiga sumbu ini dapat digunakan oleh pengrajin ukiran kayu khas Palembang dan pengrajin kayu lainya untuk menghemat waktu dan biaya produksi.

2.2 Landasan Teori

Didalam landasan teori ini akan menjelaskan tentang mesin *CNC Router*

- *CNC (Computer Numerik Control)*

Ada banyak jenis perkakas mesin lainnya yang digunakan di perindustrian ataupun proses belajar mengajar salah satunya yaitu mesin *CNC*. Mesin *CNC* adalah alat atau mesin yang yang menggunakan bahasa numerik untuk mengontrol proses pekerjaannya, dimana proses pekerjaannya menggunakan data perintah berupa kode angka, huruf dan simbol sesuai dengan standar ISO. Sistem kerja teknologi *CNC* ini antara komputer dan mekanik lebih sinkron, sehingga pengerjaan mesin *CNC* lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel bila dibandingkan dengan mesin perkakas lainnya. Secara umum cara kerja mesin perkakas *CNC* tidak berbeda dengan mesin perkakas konvensional

Mesin perkakas *CNC* dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi yang

diarahkan secara numerik (berdasarkan angka). Parameter sistem operasi *CNC* dapat diubah melalui program perangkat lunak (*software load program*) yang sesuai.

- Konsep Dasar Sistem Permesinan *CNC*

Di zaman yang semakin canggih saat ini, robot - robot permesinan dan juga permesinan industri modern yang digunakan pada Industri skala besar maupun kecil sudah menggunakan sistem otomasi yang mana pengontrolan menggunakan komputer.

Perlu diingat bahwa suatu pabrik yang dikontrol secara otomatis merupakan suatu hasil pengembangan yang paling akhir dalam revolusi industri yang telah dimulai di Eropa dua abad yang lalu sesuai dengan tahap pengembangan berikut (Lit. 5)

- a. Pada tahun 1770 adalah tahun awal pembuatan mesin perkakas sederhana.
- b. Awal tahun 1900 ditemukan *fixed automatic mechanisms and transfer lines* untuk produksi massal. *Transfer line* dalam hal ini dimaksudkan sebagai suatu teknik pengaturan fasilitas pabrikasi dengan *output* dan dengan waktu produksi yang lebih cepat. Siklus operasinya adalah sederhana dan tetap.
- c. Mesin perkakas berikutnya adalah generasi mesin perkakas dengan kontrol otomatis sederhana, seperti mesin kopi.
- d. Pada tahun 1952 merupakan awal era otomasi dengan kendali numerik — *Numerical Control (NC)*, yang didasarkan pada prinsip komputer digital.
- e. Pengembangan logis dari NC ini adalah *computerized numerical control* yang dikenal dengan singkatan *CNC*, yang digunakan pada mesin perkakas, di mana sebuah minikomputer dimasukkan sebagai suatu bagian terpadu dari lemari kontrol.
- f. Robot industri dikembangkan bersamaan dengan sistem *CNC*. Robot komersil pertama dibuat pada tahun 1961, tetapi penggunaannya secara efektif baru pada akhir tahun 1970-an.
- g. Pabrik otomasi penuh yang memakai suatu teknik yang disebut dengan *Flexible Manufacturing System (FMS)* dan *computer aided design/ computer aided manufacturing (CAD/CAM)*. FMS dimaksudkan sebagai

suatu fasilitas yang mencakup manufacturing cell. Setiap sel (*cell*) memiliki sebuah robot yang mampu melayani beberapa mesin perkakas *CNC* dan dengan suatu sistem penanganan material secara otomatis yang terpisah dari komputer induk.

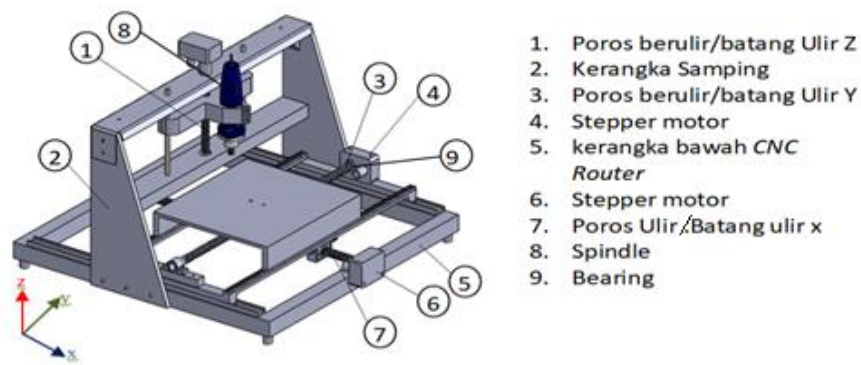
- *Pengertian Mesin CNC Router*

Mesin *CNC Router* adalah Mesin Kerja yang dikontrol dengan Komputer yang menggunakan Bahasa Numerik (Angka dan Huruf).

Awal diciptakannya Mesin *CNC* bermula dari 1952 oleh John Pearson dari Institut Teknologi Massachusetts. Awalnya proyek ini diperuntukkan membuat benda kerja khusus yang rumit. Ketika Mesin *CNC* diperkenalkan, Mesin tersebut memerlukan Volume Unit pengendali yang besar serta biaya yang cukup tinggi. Pada tahun 1973, masih sedikit perusahaan yang menggunakan Mesin *CNC* karena harganya yang sangat mahal. Namun tahun 1975, produksi mesin *CNC* mulai berkembang seiring perkembangan Mikroprosesor.

Cara kerja Mesin *CNC* sendiri adalah dengan mensetting Program awal di Software Mesin *CNC*, untuk mengatur Gambar dan Alur Kerja Mesin yang disesuaikan dengan Material Bahan. Program *CNC* tersebut kemudian dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada Mesin *CNC* sehingga menghasilkan pengaturan motor servo pada Mesin *CNC* untuk menggerakkan Perkakas untuk melakukan proses Kerja secara Otomatis sehingga menghasilkan produk yang sesuai Program sebelumnya.

Keunggulan dari Mesin *CNC* sendiri adalah kemudahannya untuk diprogram sesuai dengan kebutuhan. Melalui software khusus dengan mengatur kinerjanya berarti kita sudah mengatur proses automatisasinya. Mesin *CNC* mampu bekerja untuk pengerjaan yang detail dan rumit secara Otomatis, Mudah dan sekalipun dalam jumlah yang banyak dengan Kualitas hasil yang sama persis dan waktu yang Singkat.



Gambar 2.1 Mesin *CNC Router*
(Sumber: Dokumentasi)

- Keunggulan *CNC Router*

Adapun keunggulan dari mesin *CNC Router* yaitu sebagai berikut:

1. Mesin *CNC Router* juga sebenarnya memiliki tiga fungsi yang sama, yaitu untuk Memotong (*Cutting*)
2. Menggrafir (*Engraving*)
3. Mesin *CNC Router* menggunakan mata bor yang dipasang di kepala motor *Spindle* yang bisa bergerak secara otomatis, sebagai alat untuk *cutting, engraving, marking*. Mata bor bisa diganti sesuai dengan kebutuhan, dengan berbagai macam jenis mata bor yang ada di Pasaran.

Tabel 2.1 Kode Standar Mesin *CNC*

KODE	FUNGSI	FORMAT PROGRAM
G0	Gerak cepat	G0 X(U)_ Z(W)_
G1	Interpolasi (gerak) lurus	G1 X(U)_ Z(W)_ F_
G2	Interpolasi melingkar searah jarum jam (CW)	G2 X(U)_ Z(W)_ R_ F_ Atau G2 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ F_
G3	Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam (CCW)	G3 X(U)_ Z(W)_ R_ F_ Atau G3 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ F_
G4	Berhenti sebentar	G04 D_
G22	Part circle start	G22 L_
G26	Gerak menuju referensi pada arah X dan Z	G26
G27	Gerak menuju referensi pada arah X	G27
G29	Gerak menuju titik referensi pada arah Z	G29
G32	Siklus pengetapan	G32 Z_ P(E)_
G33	Penyayatan ulir	G33 X(U)_ Z(W) P(E)_ I_ K_
G50	System koordinat benda kerja absolute	G50 X_ Z_
G71	Siklus pembubutan pengasaran (<i>roughing</i>)	G71 X_ I_ K_ F_ L_
G72	Siklus pembubutan muka pengasaran (<i>Roughing</i>)	G72 Z_ I_ K_ F_ L_
G74	Siklus pembuatan lubang dalam	G74 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ E_ F_
G75	Siklus pengaluran	G75 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ E_ F_
G80	Part cycle end	G80
G90	Siklus pembubutan muka	G90 X(U)_ Z(W)_ R_ F_
G92	Siklus penguliran	G92 X(U)_ Z9W)_ P(E)_ L_ I_ K_ R_
G94	Sklus pembubutan muka tirus	G94 X(U)_ Z(W)_ R_ F_
G93	System offset	
G98	Gerak makan /menit	G98 F_
G99	Gerak makan /radius	G99 F_

- Kode Standar Mesin *CNC*

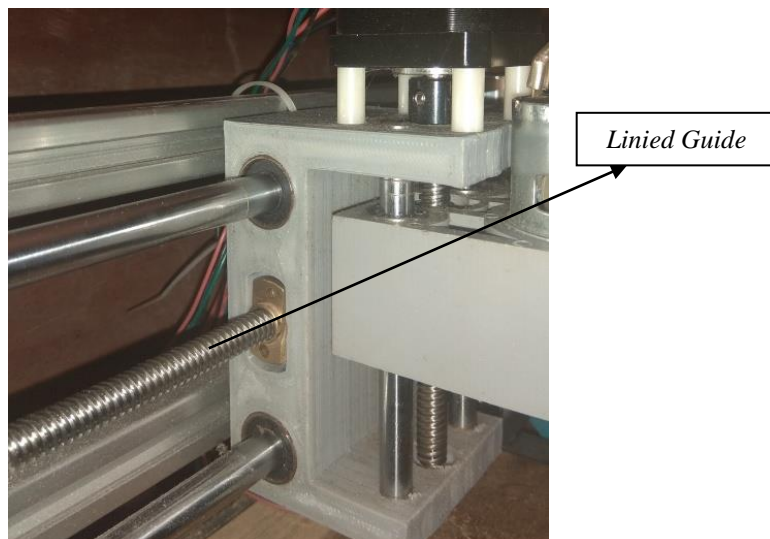
Mesin *CNC* hanya dapat membaca kode standart yang telah disepakati oleh standarkan oleh *ISO* atau badan Internasional lainnya. Dengan kode standar *CNC* dapat menggunakan *PC* sebagai inputan direkomendasikan. Kode standar mesin *CNC* ditampilkan pada table 2.1

Sebagian besar dari standar kode *CNC* yang dipakai adalah kode G, *G-Code* pertama di buat tahun 1950 yang dirancang oleh *Massachusetts Institute of Technology* di MIT *Servo mechanisms Laboratory*. Standar pengkodean *CNC* di Eropa menggunakan standar ISO 6983, meskipun di Negara-negara lainnya menggunakan standar lainnya, misalnya DIN 66025 atau PN-73M-55256, PN-93/M-55251 di Polandia.

- *Linier Guide*

Liner guide adalah sebuah elemen yang berfungsi untuk jalur pergerakan dan berfungsi untuk mengurangi gaya gesek antara dua komponen yang saling bergesekan. Pada pembuatan mesin *CNC* ini *liner guide* yang digunakan adalah jenis *Liner Bearing*.

Liner bearing merupakan elemen luncur dengan memanfaatkan bantalan-bantalan bola yang menggelinding agar mempermudah pergerakan, mengurangi gesekan dan memperpanjang umur pakai mesin.

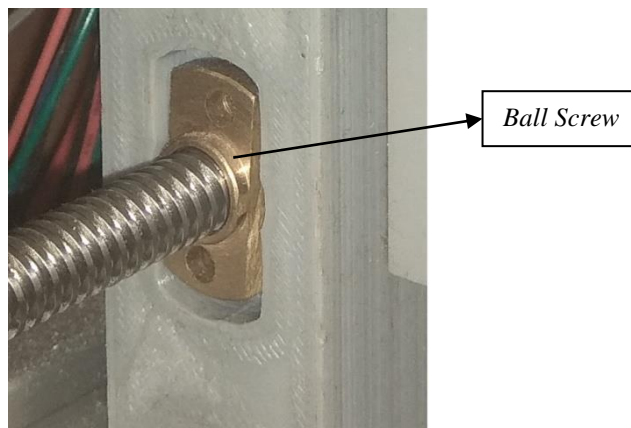


Gambar 2.2 *Linier Guide*
(Sumber: Dokumentasi)

- Sistem Transmisi

Transmisi merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah atau menyalurkan keluaran dari aktuator. Pada mesin CNC aktuator yang digunakan adalah motor. Sistem transmisi yang digunakan pada pembuatan mesin CNC ini adalah tipe *Ball Screw*

Ball screw merupakan komponen mekanis yang berfungsi pengubah gerakan rotasi menjadi transversal dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran pada ulir. Prinsipnya sama seperti pasangan mur dan baut biasa, ketika mur (*nut*) berputar maka akan mendapatkan pergerakan linear dari bautnya (*bolt*). Tetapi yang membedakannya adalah diantara *nut* dan *bolt* terdapat *ball* (gotri) fungsinya untuk mengurangi koefisien gesek hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.3. *Ball screw* memiliki ketelitian sampai dengan 1 mikrometer.



Gambar 2.3 *Ball Screw*
(Sumber: Dokumentasi)

- *Motor stepper*

Motor stepper merupakan salah satu jenis motor yang banyak digunakan saat ini sebagai aktuator, misalnya sebagai penggerak *head* baca/tulis pada *disk drive* yang akan menetapkan posisi *head* baca/tulis di atas permukaan piringan disket, penggerak *head* pada printer dan *line feed control*, dan yang lebih populer saat ini adalah aplikasi dalam bidang robotik. Dengan bantuan *microprocessor* atau *mikrocontroler*, perputaran motor dapat dikontrol dengan tepat dan terprogram.



Gambar 2.4 *Motor Stepper*
(Sumber: Dokumentasi)

- *Motor Spindle*

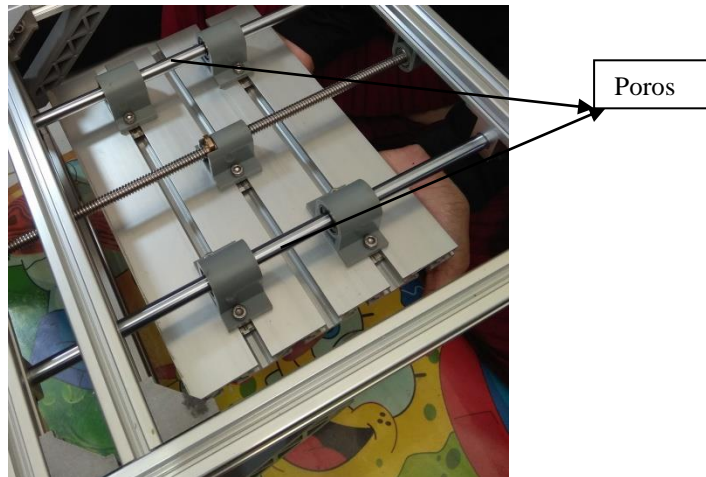
Spindle merupakan bagian dari mesin yang akan menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan *cutter/tool* pada sumbu Z. *Spindle* selanjutnya digerakkan oleh motor yang dilengkapi dengan sistem transmisi *belting* atau kopling.



Gambar 2.5 *Motor Spindle*
(Sumber: Dokumentasi)

- Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin yang berfungsi sebagai penyalur daya atau untuk meneruskan tenaga. Peranan utama dalam sistem tranmisi seperti itu dipegang oleh poros.



Gambar 2.6 Poros
(Sumber: Dokumentasi)

- Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu pada poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka efisiensi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya.

Jadi bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung.

- a. Atas dasar arah beban terhadap poros:

1. Bantalan Radial

Arah beban yang di tumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

2. Bantalan Aksial

Arah Beban yang di tumpuh bantalan ini adalah sejajar sumbu poros.

3. Bantalan kombinasi

Bantalan ini dapat menumpu beban yang di dataranya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

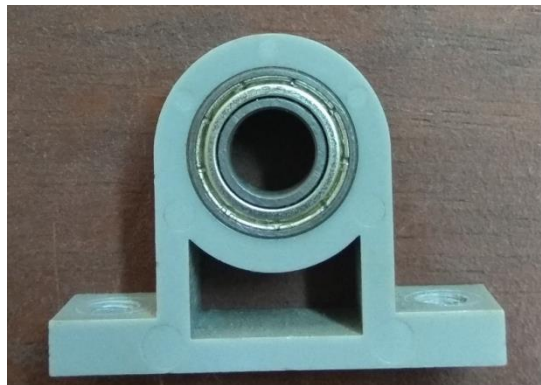
- b. Atas dasar elemen gelinding

1. *Roll*

2. *Ball*

Bantalan gelinding mempunyai keuntungan dari gesekan gelinding yang sangat kecil di bantingkan dengan bantalan luncur. Elemen gelinding seperti bola

atau *roll*, dipasang di antara cincin luar dan cincin dalam. Dengan memutar salah satu cincin tersebut, bola atau *roll* akan membuat gesekan gelinding sehingga gesekan di antaranya akan jauh lebih kecil. Untuk bola atau *roll*, ketelitian tinggi dalam bentuk dan ukuran merupakan keharusan, karena luas bidang kontak antara bola atau *roll* dengan cincinnya sangat kecil maka besarnya beban persatuan luas atau tekanannya menjadi sangat tinggi, dengan demikian bahan yang di pakai harus mempunyai ketahanan dan kekerasan yang tinggi.



Gambar 2.7 Bearing (Bantalan)
(Sumber: Dokumentasi)

- **Baut dan Mur**

Baut dan Mur berfungsi untuk mengikat antar rangka. Untuk menentukan jenis dan ukuran baut dan mur harus memperhatikan berbagai faktor seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, cara kerja mesin, kekuatan bahan, dan lain sebagainya.

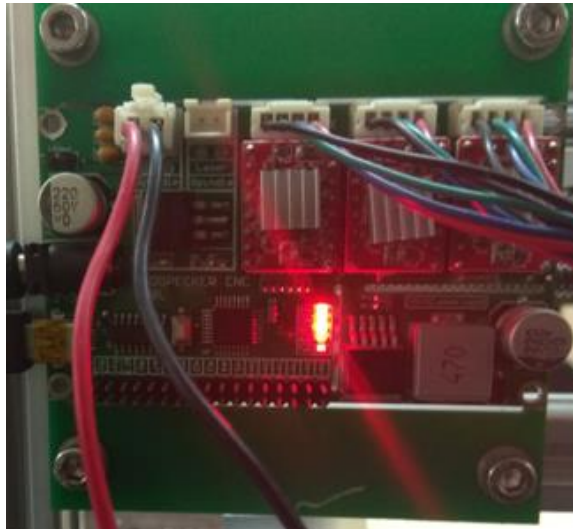


Gambar 2.8 Mur dan Baut
(Sumber: Dokumentasi)

- **GRBL**

Grbl adalah sebuah software untuk mengontrol gerakan *CNC*. Pada dasarnya *Grbl* adalah sebuah hex file yang dapat di unggah ke Arduino agar Arduino dapat membaca perintah dalam *G-code/ Nc Code*. Untuk mengirimkan *Nc Code* ke *Arduino* digunakan *Grbl* controller adalah sebuah *software* yang digunakan untuk

mengirimkan *Nc Code* ke sebuah mesin *CNC*, seperti *3D printer*. Software ini memudahkan pengguna dalam proses pemrograman sebuah mesin *CNC*. Pengguna bisa memberikan perintah secara langsung atau pengguna juga bisa mengunggah satu file dalam bentuk notepad yang berisi kode – kode *Nc Code*.



Gambar 2.8 *GRBL*
(Sumber: Dokumentasi)

- **Analisis Regresi**

Regresi adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara *Variabel* Faktor Penyebab (X) terhadap *Variabel* Akibatnya. Faktor penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan *predictor* sedangkan *variabel* akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan *Respon*. *Regresi sederhana* adalah *regeresi linear* atau sering disingkat dengan *SLR (Simple Linear Regression)* juga merupakan salah satu metode statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Contoh penggunaan analisis regresi linear sederhana dalam produksi antara lain:

1. Hubungan antara Lamanya Kerusakan Mesin dengan Kualitas Produk yang dihasilkan
2. Hubungan Jumlah Pekerja dengan Output yang diproduksi
3. Hubungan antara suhu ruangan dengan Cacat Produksi yang dihasilkan.

Model Persamaan Regresi adalah seperti berikut ini:

a. *Regresi Linier:*

$$Y = a + bX \quad (2.1. \text{ Lit.6})$$

b. *Regresi Eksponensial:*

$$Y = ab^x \quad (2.2. \text{ Lit.6})$$

c. *Regresi Algoritma:*

$$Y_i = a + bX_i + \epsilon_i \quad (2.3. \text{ Lit.6})$$

d. *Regresi Polinomial:*

$$Y = a + aX + aX^2 + \dots + aX^n \quad (2.4. \text{ Lit.7})$$

Dengan Y adalah *variabel respon* atau variabel akibat (*Dependent*), X adalah *variabel predictor* atau variabel faktor penyebab (*Independent*), a adalah konstanta, b adalah koefisien *regresi* (kemiringan), koefisien *regresi* adalah besaran *respon* yang ditimbulkan oleh predictor dan ϵ adalah error.

- **Regresi Linier Berganda**

Analisis *regresi linier* berganda adalah hubungan secara *linear* antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala *interval* atau rasio.

Persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (2.5. \text{ Lit.6})$$

Dengan:

Y' = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X₁ dan X₂ = Variabel independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila X₁, X₂, ..., X_n = 0)

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)